



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103759652 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 29

(21) 申请号 201410030739. 7

CN 102589439 A, 2012. 07. 18,

(22) 申请日 2014. 01. 17

王海平. 双光纤 Bragg 光栅用于 FBG 型传感器的温度补偿.《激光与红外》. 2003, 第 33 卷 (第 3 期), 第 218-220 页.

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

审查员 祝慧宇

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 崔继文 冯昆鹏 姜雪林 谭久彬

(51) Int. Cl.

G01B 11/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102564309 A, 2012. 07. 11,

CN 102997848 A, 2013. 03. 27,

CN 201724656 U, 2011. 01. 26,

CN 201844820 U, 2011. 05. 25,

CN 103278098 A, 2013. 09. 04,

US 7038190 B2, 2006. 05. 02,

JP 特开 2010-185729 A, 2010. 08. 26,

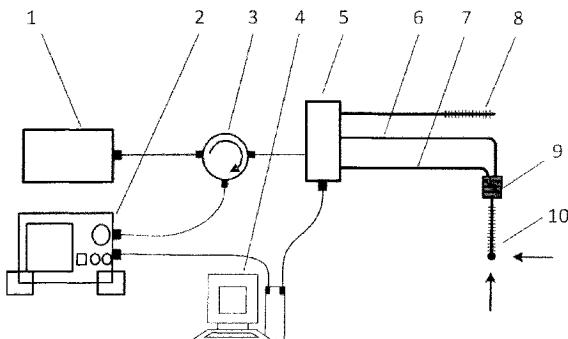
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

基于双光纤光栅的二维微尺度测量装置及方法

(57) 摘要

基于双光纤光栅的二维微尺度测量装置及方法属于精密仪器制造及测量技术领域;所述装置包括宽频光源、光谱分析仪、光环形器、控制计算机、多路光开关和外部参考光栅,单模光纤 a 和单模光纤 b 分别将多路光开关与双光纤光栅探针连通,双光纤光栅探针上端部通过探针夹持器固装,所述的单模光纤 a 和单模光纤 b 与双光纤光栅探针连接形成通路;所述方法是控制计算机控制多路光开关切换光路,使用光谱分析仪分别测量光纤光栅的反射光谱,并利用差分数据处理算法,实现无温度耦合的二维微尺度测量。本发明具有精度高、接触力小、不受遮蔽效应影响、探针使用寿命长的特点。



1. 一种基于双光纤光栅的二维微尺度测量装置,包括宽频光源(1)、光谱分析仪(2)、光环型器(3)、控制计算机(4)、多路光开关(5)和外部参考光栅(8),所述宽频光源(1)和光谱分析仪(2)分别与光环型器(3)连接,光环型器(3)与多路光开关(5)、多路光开关(5)与控制计算机(4)、控制计算机(4)与光谱分析仪(2)、多路光开关(5)与外部参考光栅(8)连接形成通路,其特征在于两根单模光纤(6)和(7)分别将多路光开关(5)与双光纤光栅探针(10)连通,双光纤光栅探针(10)上端部通过探针夹持器(9)固装,所述的两根单模光纤(6)和(7)与双光纤光栅探针(10)连接形成通路。

2. 根据权利要求1所述一种基于双光纤光栅的二维微尺度测量装置的测量方法,其特征在于测量过程中,多路光开关(5)在控制计算机(4)的控制下切换不同的光路,使用光谱分析仪(2)分别测量双光纤光栅探针(10)内部的双根光纤光栅和外部参考光栅(8)的反射光谱,数据处理中,对双光纤光栅探针(10)中两根光纤光栅反射光谱中心波长做差分数据处理,可以解耦沿双光纤纤芯分布方向上的一维径向触测位移和温漂,对双光纤光栅探针(10)中两根光纤光栅反射光谱中心波长平均值和外部参考光栅(8)反射光谱中心波长做差分数据处理,获得无径向触测位移和温漂耦合的轴向触测位移,实现无温度耦合的二维微尺度测量。

基于双光纤光栅的二维微尺度测量装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于精密仪器制造及测量技术领域,特别涉及一种基于双光纤光栅的二维微尺度测量装置及方法。

背景技术

[0002] 随着航空航天工业、汽车工业、电子工业以及尖端工业等的不断发展,对于精密微小构件的需求急剧增长。由于受到空间尺度和待测微小构件遮蔽效应的限制以及测量接触力的影响,微小构件尺度的精密测量变得难以实现,尤其是测量微小内腔构件的深度难以提高,这些已然成为制约行业发展的“瓶颈”。为了实现更小尺寸测量、增加测量深度,最广泛使用的办法就是使用细长的探针深入微小构件的内腔进行探测,通过瞄准发讯的方式测量不同深度上的微小内尺寸。因此,目前微小构件尺寸的精密测量主要以坐标测量机结合具有纤细探针的瞄准发讯式探测系统为主,由于坐标测量机技术的发展已经比较成熟,可以提供精密的三维空间运动,因此瞄准触发式探针的探测方式成为微小构件尺寸探测系统设计的关键。

[0003] 目前,微小构件尺寸测量的主要手段包括以下几种方法:

[0004] 1.中国哈尔滨工业大学谭久彬教授和崔继文教授等人提出一种基于双光纤耦合的探针结构,把两根光纤通过末端熔接球连通,熔接球作为测头,一根较长光纤引入光线,另外一根较短导出光线,克服了微光珠散射法测量深度的局限,可以实现对直径不小于0.01mm、深径比不大于15:1的微深孔测量时的精确瞄准。这种方法虽然在一定程度上克服了遮蔽效应,但耦合球实现的反向传输的光能量十分有限,测量深度难以进一步提升。

[0005] 2.美国国家标准技术研究院使用了单光纤测杆结合微光珠的探针,通过光学设计在二维方向上将光纤测杆成像放大35倍左右,用2个面阵CCD分辨接收二维方向上光纤测杆所成的像,然后对接收到的图像进行轮廓检测,从而监测光纤测杆的在测量过程中的微小移动,进而实现触发式测量,该探测系统的理论分辨力可以达到4nm,探测系统的探针直径为Φ 75μm,实验中测量了Φ 129μm的孔径,其扩展不确定度概率值达到了70nm(k=2),测量力为μN量级。这种方法探测分辨力高,测量精度高,使用的测头易于小型化,可以测量较大深径比的微孔。但该方法探测光纤测杆的二维触测位移必须使用两套成像系统,导致系统结构比较复杂,测量数据计算量比较大,这些因素导致探测系统的实时性较差,系统构成比较复杂。

[0006] 3.瑞士联合计量办公室研发了一个新型的坐标测量机致力于小结构件纳米精度的可追迹的测量。该测量机采用了基于并联运动学原理的弯曲铰链结构的新型接触式探针,该设计可以减小移动质量并且确保全方向的低硬度,是一个具有三维空间结构探测能力的探针。这一传感结构的测量力低于0.5mN,同时支持可更换的探针,探针直径最小到Φ 100μm。探测系统结合了一个由Philips CFT开发的高位置精度的平台,平台的位置精度为20nm。该测量系统测量重复性的标准偏差达到5nm,测量结果的不确定度为50nm。该种方法结构设计复杂,同时要求测杆具有较高的刚度和硬度,否则难以实现有效的触测位移传感,

这使得测杆结构难以进一步小型化,测量的深径比同时受到制约,探测系统的分辨力难以进一步提高。

[0007] 4.中国哈尔滨工业大学崔继文教授和杨福铃等人提出了一种基于FBG Bending的微孔尺寸测量装置及方法,该方法利用光纤光栅加工的探针和相应的光源、检测装置作为瞄准触发系统,配合双频激光干涉仪测长装置,可以获得不同截面的微孔尺度。该方法的微尺度传感器在触测变形时,探针的主要应力不作用于光纤光栅上,系统的分辨率很低,难以进一步提高。

[0008] 综上所述,目前微小尺寸和坐标探测方法中,由于光纤制作的探针具有探针尺寸小、测量接触力小、测量的深径比大、测量精度高的特点而获得了广泛关注,利用其特有的光学特性和机械特性通过多种方式实现了一定深度上的微小尺寸的精密测量。现存测量手段主要存在的问题有:

[0009] 1.探测系统的触测位移分辨力难以进一步提高。现存的探测系统的初级放大率较低,导致了其整体放大率较低,难以实现其触测位移分辨力的进一步提高。基于FBG Bending的微孔尺寸测量方法的光纤光栅探针不能将主要的微触测位移作用结果施加在光纤光栅上,进而转化为光谱信息的传感信号微弱,系统的分辨力很低。

[0010] 2.探测系统实时性差,难以实现精密的在线测量。美国国家标准技术研究院采用的探测方法必须使用两路面阵CCD接收信号图像,必须使用较复杂的图像算法才能实现对光纤测杆触测位移的高分辨力监测,这导致测量系统需要处理的数据量大大增加,降低了探测系统的实时性能,难以实现微小内腔尺寸和二维坐标测量过程中瞄准发讯与启、止测量的同步性。

[0011] 3.存在二维径向触测位移的耦合。基于FBG Bending的微孔尺寸测量方法的探针具有各向性能一致,在径向二维触测位移传感时存在耦合,而且无法分离,导致二维测量存在很大误差,无法实现径向二维触测位移的准确测量。

[0012] 4.不具备径向和轴向探测的解耦能力。以上提到的探测方法或不具备轴向探测能力或不具备径向和轴向探测的解耦能力,在进行微尺度测量时,测量步骤复杂、测量效率低。

发明内容

[0013] 本发明的目的是克服现有技术中微小构件尺寸测量方法分辨力低、被测维度单一的弊端,提供一种适用于微小构件二维微尺度测量的装置及方法,双光纤光栅探针在端部受触测位移作用后,应力导致光纤光栅的参数发生改变,进而其反射光谱中心波长发生相应改变,采用多路光开关来切换测量光纤光栅的通道,以获得相应反射光谱中心波长信息然后对其作差分数据处理,降低了温度波动对测量结果的影响,大大提高了该装置对环境的适应能力,从而实现一种全新的温度无耦合二维微尺度测量。

[0014] 本发明的技术解决方案是:一种基于双光纤光栅的二维微尺度测量装置,包括宽频光源、光谱分析仪、光环型器、控制计算机、多路光开关和外部参考光栅,所述宽频光源和光谱分析仪分别与光环型器连接,光环型器与多路光开关、多路光开关与控制计算机、控制计算机与光谱分析仪、多路光开关与外部参考光栅连接形成通路,单模光纤a和单模光纤b分别将多路光开关与双光纤光栅探针连通,双光纤光栅探针上端部通过探针夹持器固装,

所述的单模光纤a和单模光纤b与双光纤光栅探针连接形成通路。

[0015] 一种基于双光纤光栅的二维微尺度测量方法如下：测量过程中，多路光开关在控制计算机的控制下切换不同的光路，使用光谱分析仪分别测量双光纤光栅探针内部的双根光纤光栅和外部参考光栅的反射光谱，数据处理中，对双光纤光栅探针中两根光纤光栅反射光谱中心波长做差分数据处理，可以解耦沿双光纤纤芯分布方向上的一维径向触测位移和温漂，对双光纤光栅探针中两根光纤光栅反射光谱中心波长平均值和外部参考光栅反射光谱中心波长做差分数据处理，获得无径向触测位移和温漂耦合的轴向触测位移，实现无温度耦合的二维微尺度测量。

[0016] 本发明的优点是：

[0017] 1. 基于双光纤光栅的二维微尺度测量装置及方法具有精度高、接触力小、不损伤被测构件表面、探针使用寿命长的特点。

[0018] 2. 光学探测信号仅在光纤光栅内部传输，将空间中的接触转化为反射光谱中心波长的变化，测量微尺度构件时不受构件遮蔽效应的影响，测量深径比可达100:1，满足了大深径比微结构微尺度测量要求。

[0019] 3. 基于双光纤光栅的二维微尺度测量方法可以同时实现径向和轴向的无耦合测量，使微尺度测量的步骤得到简化，提高了微尺度测量的效率。

[0020] 4. 在探针内部设计了互为参考的差分补偿系统，结合基于双光纤光栅的二维微尺度测量方法，消除了环境温度变化对测量的影响，大大提高了传感器对环境的适应能力，可以深入到传统测量工具无法正常工作的空间和环境来进行精密测量，如狭小的半封闭空间及易燃易爆环境等，也适用于工业现场测量。

附图说明

[0021] 图1是基于双光纤光栅的二维微尺度测量装置结构示意图；

[0022] 图2是图1中A-A剖面图；

[0023] 图3是图1中双光纤光栅探针剖面放大图；

[0024] 图中：1. 宽频光源，2. 光谱分析仪，3. 光环形器，4. 控制计算机，5. 多路光开关，6. 单模光纤a，7. 单模光纤b，8. 外部参考光栅，9. 探针夹持器，10. 双光纤光栅探针，31. 光纤光栅，32. 紫外胶膜，33. 探针球形针尖。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图对本发明具体实施方式作进一步详细描述：

[0026] 一种基于双光纤光栅的二维微尺度测量装置，包括宽频光源1、光谱分析仪2、光环型器3、控制计算机4、多路光开关5和外部参考光栅8，所述宽频光源1和光谱分析仪2分别与光环型器3连接，光环型器3与多路光开关5、多路光开关5与控制计算机4、控制计算机4与光谱分析仪2、多路光开关5与外部参考光栅8连接形成通路，单模光纤a6和单模光纤b7分别将多路光开关5与双光纤光栅探针10连通，双光纤光栅探针10上端部通过探针夹持器9同装，所述的单模光纤a6和单模光纤b7与双光纤光栅探针10连接形成通路。

[0027] 一种基于双光纤光栅的二维微尺度测量方法如下：测量过程中，多路光开关5在控制计算机4的控制下切换不同的光路，使用光谱分析仪2分别测量双光纤光栅探针10内部的

双根光纤光栅和外部参考光栅8的反射光谱，数据处理中，对双光纤光栅探针10中两根光纤光栅反射光谱中心波长做差分数据处理，可以解耦沿双光纤纤芯分布方向上的一维径向触测位移和温漂，对双光纤光栅探针10中两根光纤光栅反射光谱中心波长平均值和外部参考光栅8反射光谱中心波长做差分数据处理，获得无径向触测位移和温漂耦合的轴向触测位移，实现无温度耦合的二维微尺度测量。

[0028] 本发明的工作过程如下：

[0029] 宽频光源1产生的宽频光，经过光环形器3进入多路光开关5，多路光开关5在控制计算机4的控制下，光谱分析仪2分别测量双光纤光栅探针10中两根光纤光栅和外部参考光栅8的反射光谱中心波长。当双光纤光栅探针10与待测构件发生触测，双光纤光栅探针10内光纤光栅的反射光谱中心波长将会发生改变。对双光纤光栅探针10中两根光纤光栅的反射光谱中心波长作差分数据处理，可以获得温度解耦的沿双光纤纤芯分布方向上的径向触测位移；对双光纤光栅探针10中的两根光纤光栅反射光谱中心波长平均值与外部参考光栅8的反射光谱中心波长做差分数据处理，可以获得无径向触测位移和温漂耦合的轴向触测位移。

[0030] 综合径向和轴向触测位移信息，最终实现待测构件的二维微尺度测量。

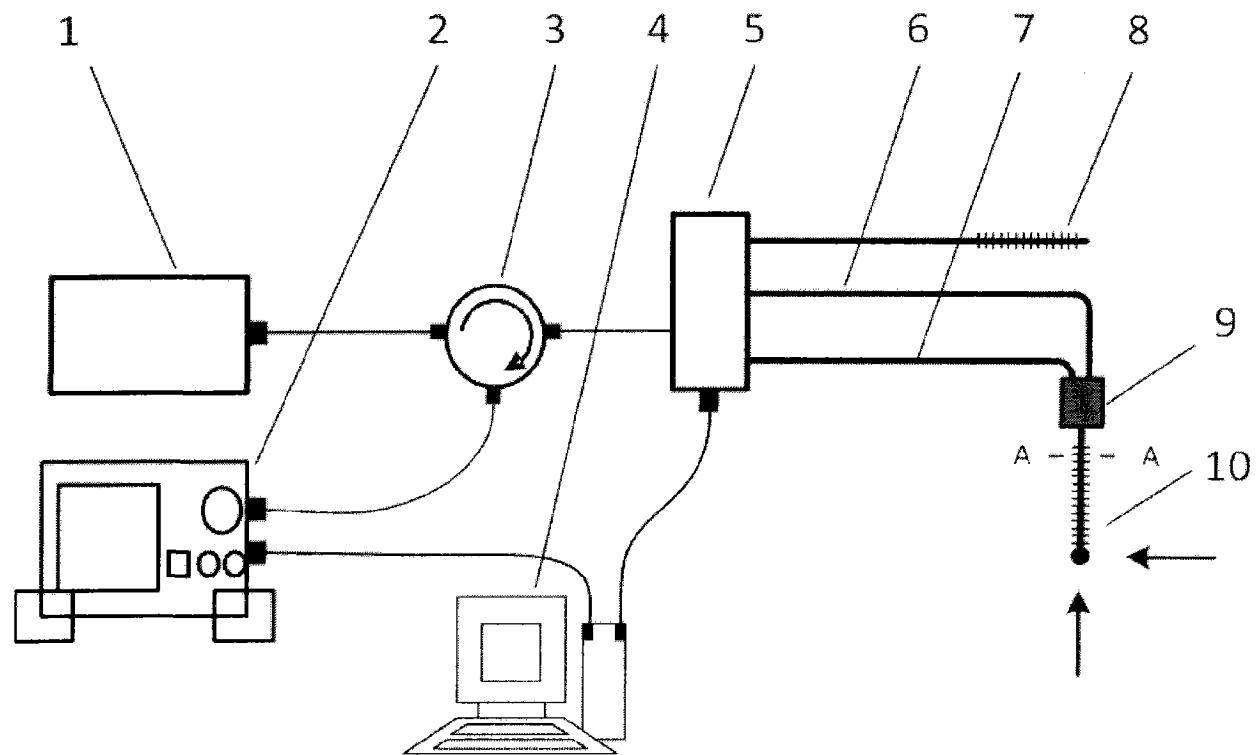


图1

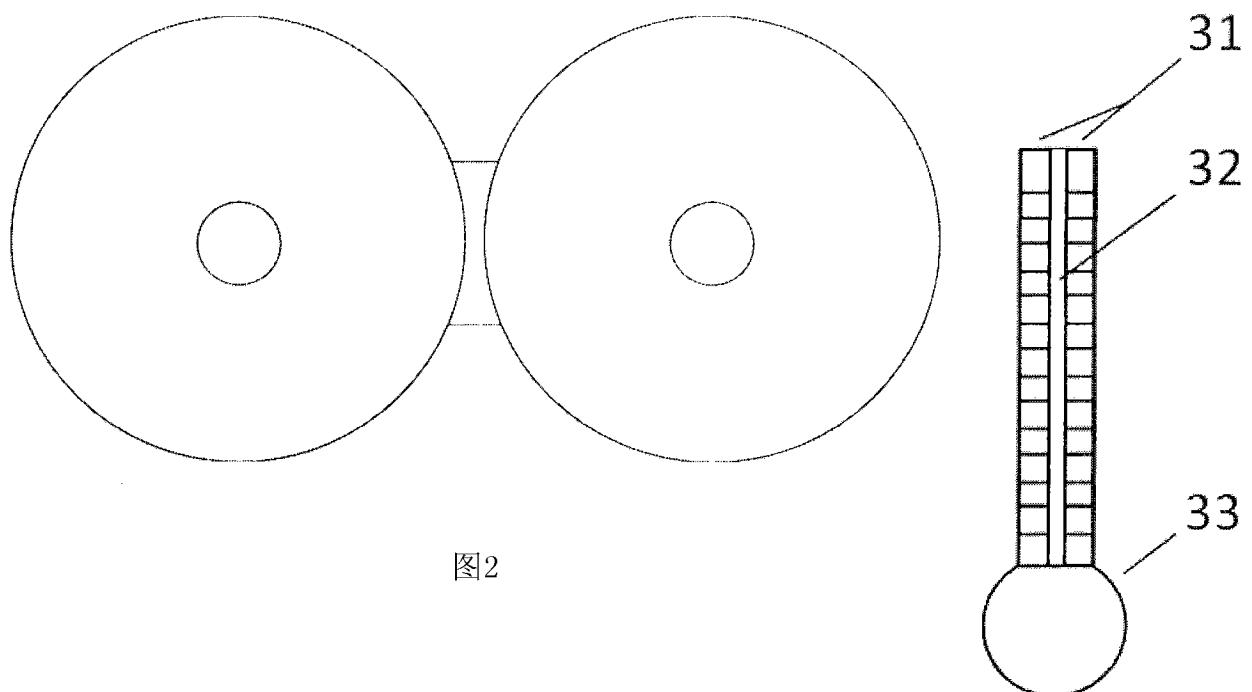


图2

图3